

#2



REC'D 27 NOV 2003	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 46 007.8

Anmeldetag: 2. Oktober 2002

Anmelder/Inhaber: Rexroth Indramat GmbH, Lohr/DE;
Koenig & Bauer AG, Würzburg/DE.

Bezeichnung: Kommunikationssystem

IPC: G 05 B 19/418

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. November 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY

Zusammenfassung

Kommunikationssystem mit Netzwerkknoten zum Betrieb industrieller Maschinen und Verfahren zum Steuern eines Kommunikationssystems

Die Erfindung beschreibt ein Kommunikationssystem mit Netzwerkknoten 1, 2, 3, 4, 5 eines Steuerungs- und/oder Antriebsnetzwerkes 11, 12, wobei zum Betrieb industrieller Maschinen, insbesondere zum Betrieb von Druckmaschinen, Steuer- und/oder Regelsignale über eine geschlossene ringförmige Signalleitung 6,7 zwischen den Netzwerkknoten ausgetauscht werden. Ein Netzwerkknoten 2 tauscht Signale über einen bidirektionalen Signalpfad mit mindestens einem weiteren Netzwerkknoten 1, 3 aus. Wenigstens ein Netzwerkknoten 2 weist eine Umschalt-
einheit 8 auf, die mit zwei bidirektionalen Signalpfaden 10 mit zwei weiteren Netzwerkknoten 1, 3 verbindbar ist. Über eine entsprechende Schaltstellung der Umschalteinheiten der Netzwerkknoten ist das Kommunikationssystem zu verschiedenen Netzwerken 11,12 konfigurierbar ist, wobei die Netzwerke 11, 12 voneinander getrennte Signalleitungen 6,7 aufweisen.

Kommunikationssystem

5 Kommunikationssystem mit Netzwerkknoten zum Betrieb industrieller Maschinen und Verfahren zum Steuern eines Kommunikationssystems

10 Die Erfindung betrifft ein Kommunikationssystem mit Netzwerkknoten gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und ein Verfahren zum Steuern eines Kommunikationssystems gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 10.

15 Kommunikationssysteme mit Netzwerkknoten eines Steuerungs- und/oder Antriebsnetzwerkes werden in den verschiedensten technischen Bereichen zum Betrieb industrieller Maschinen eingesetzt. Ein Kommunikationssystem mit Netzwerkknoten verbindet in einer ersten Ausführungsform über einen geschlossenen Signalpfad mehrere Netzwerkknoten zu einem Netzwerk. Daten und Steuersignale werden dabei über den ringförmigen
20 Signalpfad durch alle Netzwerkknoten geführt. Ein Netzwerkknoten ist beispielsweise als Steuereinheit ausgebildet. In einer Master/Slave-Konfiguration ist eine Steuereinheit vorgesehen, die eine Master-Funktion ausführt, und die weitere Steuereinheiten, die Slave-Funktionen ausführen, steuert. Dabei wird beispielsweise von der Master-Steuereinheit ein Steuersignal über einen Ausgang in den Signalpfad abgegeben und über einen Eingang von dem geschlossenen Signalpfad wieder erhalten.

30 Zur Sicherung einer zuverlässigen Signalinformation ist es beispielsweise bekannt, neben einem Primärring als Signalpfad einen weiteren Signalpfad als Sekundärring anzuordnen. Der Sekundärring ist parallel zum Primärring ausgebildet und stellt eine redundante Datenleitung dar. Fällt einer der beiden
35 Signalpfade aus, so übernimmt der andere intakte Signalpfad den Austausch der Daten zwischen den Steuereinheiten.

Weiterhin ist es bekannt, bei Ausfall einer Datenverbindung des Primärringes oder des Sekundärringes über die verbleibenden intakten Verbindungen des Primärringes und des Sekundärringes einen einzigen geschlossenen Signalpfad aufzubauen.

- 5 Dazu weisen die Netzwerkknoten Umschalteinheiten auf, die eine entsprechende interne Umschaltung durchführen. Dabei wird der Primärring eines Netzwerkknotens mit dem Sekundärring des Netzwerkknotens verbunden. Ein gattungsbildendes Kommunikationssystem ist aus der Dokumentation "Electronic
10 Drives and Controls", Steuerungssystem-Synax, 04VRS, Funktionsbeschreibung, der Firma Bosch-Rexroth im Kapitel 11.09 unter dem Abschnitt "Fehler im Primärring" beschrieben.

- Aus der Patentschrift DE 19 708 985 C1 ist ein Verfahren und
15 eine Vorrichtung zur Aufrechterhaltung eines winkelgenauen Gleichlaufs einzelner vernetzter Antriebe eines dezentralen Antriebssystems bekannt. In der beschriebenen Vorrichtung sind die dezentralen Antriebe in Form eines Kommunikationssystems miteinander verbunden. Dabei werden Steuerdaten von
20 einem Leitsystem über eine Ringleitung den einzelnen Antrieben zur Verfügung gestellt. Bei einem Ausfall des verwendeten Bussystems wird zum winkelgenauen Gleichlauf jedes Antriebs zu einem benachbarten Antrieb des dezentralen Antriebssystems jeweils als Lage-Sollwert anstelle eines vorbestimmten Leit-Sollwertes ein Maschinen-Lage-Ist-Wert eines technologisch vorgelagerten Antriebs und jeweils als Lage-Ist-Wert anstelle
des Maschinen-Lage-Ist-Wertes ein Motor-Lage-Ist-Wert verwendet. Somit kann jeder Antrieb beim Ausfall des Bussystems
einen winkelgenauen Gleichlauf zum benachbarten Antrieb auf-
30 rechterhalten, wodurch das Antriebssystem zerstörungsfrei stillgesetzt werden kann.

- Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Kommunikationssystem mit Netzwerkknoten eines Steuerungs- und/oder
35 Antriebsnetzwerkes bereitzustellen, das eine erhöhte Flexibilität im Aufbau ermöglicht.

Die Aufgabe der Erfindung wird durch das Kommunikationssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und das Verfahren zum Steuern eines Kommunikationssystems gemäß den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst.

5

Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, dass das Kommunikationssystem mehrere Netzwerke aufweist, die flexibel konfigurierbar sind. Auf diese Weise kann eine Anpassung der Netzwerkstruktur an Fehlfunktionen der Netzwerkknoten oder der mit den Netzwerkknoten verbundenen Steuereinheiten durchgeführt werden. Zudem kann die Konfiguration auch an verschiedene Maschinenumgebungen angepasst werden. Je nach Anwendungsfall kann es vorteilhaft sein, einen Netzwerkknoten in ein erstes oder ein zweites Netzwerk einzubinden. Beispielsweise können auch Steuereinheiten, die relativ häufig ausfallen, in kleine Netzwerke zusammengefasst werden oder in Netzwerke eingebunden werden, bei deren Ausfall entweder eine Fehlfunktion schnell erkannt wird oder bei deren Ausfall eine geringe Beeinträchtigung des gesamten Kommunikationssystems erhalten wird. Somit bietet das Kommunikationssystem gemäß des Anspruchs 1 eine erhöhte Flexibilität in der Aufteilung der einzelnen Netzwerke, die zudem voneinander unabhängige Signalpfade aufweisen. Durch die Unabhängigkeit der Signalpfade wird bei Ausfall eines Netzwerkes in vorteilhafter Weise die Funktionsfähigkeit der anderen Netzwerke nicht beeinträchtigt.

In einer einfachen Ausführungsform des Kommunikationssystems sind zwei Netzwerke jeweils über einen bidirektionalen Signalpfad miteinander verbindbar, wobei der bidirektionale Signalpfad zwischen zwei Netzwerkknoten der verschiedenen Netzwerke ausbildbar ist. Auf diese Weise kann eine einfache und kostengünstige Verbindung der zwei Netzwerke hergestellt werden. Je nach Ausführungsform wird der bidirektionale Signalpfad beispielsweise durch zwei elektrische Leitungen dargestellt.

Es ist jedoch auch möglich, dass der bidirektionale Signalpfad in Form von zwei Datenkanälen eines Zeit-Multiplexsystems dargestellt wird.

- 5 In einer vorteilhaften Ausführungsform ist jeder Netzknoten mit einer Steuereinheit verbunden. In einer einfachen Ausführungsform wird die Funktion des Netzknotens durch die Steuereinheit selbst dargestellt.
- 10 Je nach Anwendungsform weist ein Netzwerk eine Steuereinheit mit einer Master-Funktion und wenigstens eine weitere Steuereinheit mit einer Slave-Funktion auf. Durch die Verwendung der Master-Funktion werden beispielsweise verbindliche Zeitraster oder verbindliche Steuerbefehle von der Master-Steuereinheit vorgegeben, die von den Slave-Steuereinheiten verwendet bzw. berücksichtigt werden. Somit ist auf einfache Weise eine innerhalb des Netzwerkes gültige Zeitachse oder Signalfolge vorgebar.
- 15 20 In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Umschalteinheit des Netzknotens über eine Softwaresteuerung umschaltbar. Die Ausbildung der Umschalteinheit in Form einer Softwaresteuerung bildet den Vorteil, dass die Schaltposition der Umschalteinheit auf einfache Weise und flexibel veränderbar ist. Auf diese Weise kann die Konfiguration der Netzwerke ohne hardwaremäßige Umbauarbeiten am Kommunikationssystem durchgeführt werden.
- 30 Ein bevorzugter Anwendungsbereich des erfindungsgemäßen Kommunikationssystems liegt in einem Netzwerk mit Steuereinheiten, die nach einer Leitachse und davon abhängenden Folgeachsen eine zeitgenaue Steuerung ausführen.

Vorzugsweise wird das erfindungsgemäße Kommunikationssystem bei Druckmaschinen, insbesondere bei Druckmaschinen mit mehreren Druckwerken eingesetzt. Dabei können je nach Ausführungsform die Steuereinheiten eines Druckwerkes in einem Netzwerk oder die Steuereinheiten aller Druckwerke einer Druckmaschine in einem Netzwerk eingebunden sein.

Das erfindungsgemäße Kommunikationssystem bietet weiterhin den Vorteil, dass die Funktion der Steuereinheiten der Netzwerke in Abhängigkeit von der Aufteilung der Steuereinheiten zu den einzelnen Netzwerken veränderbar ist. Beispielsweise kann eine Steuereinheit in einer ersten Konfiguration der Netzwerke eine Master-Funktion und in einer zweiten Konfiguration der Netzwerke eine Slave-Funktion ausführen. In entsprechender Weise kann auch die Slave-Funktion einer Steuereinheit in eine Master-Funktion geändert werden. Vorzugsweise weist jedes Netzwerk eine Steuereinheit mit einer Master-Funktion auf.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 ein Kommunikationssystem mit zwei Netzwerken,

Fig. 2 ein Kommunikationssystem mit einer veränderten Konfiguration der zwei Netzwerke,

Fig. 3 ein Kommunikationssystem für die Steuerung eines Maschinensystems,

Fig. 4 ein Kommunikationssystem für eine Druckmaschine und

Fig. 5 einen Teil eines Kommunikationssystems für eine Rotationsdruckmaschine.

Fig. 1 zeigt ein Kommunikationssystem mit Netzwerkknotten 1, 2, 3, 4, 5. Das Kommunikationssystem ist in zwei Netzwerke 11, 12 unterteilt. Das erste Netzwerk 11 umfasst den ersten, den zweiten und den dritten Netzwerkknotten 1, 2, 3. Das zweite Netzwerk 12 umfasst den vierten und fünften Netzwerkknotten 4, 5. Jeder Netzwerkknotten weist eine Umschalteinheit 8 auf.

Die Netzwerkknoten 1, 2, 3, 4, 5 sind über zwei Leitungen 9 miteinander verbunden. Für jede Signalübertragungsrichtung ist eine Leitung 9 zwischen zwei Netzwerkknoten 1 bis 5 ausgebildet. Die Leitungen 9 des ersten, zweiten und dritten Netzwerkknotens 1, 2, 3 bilden eine erste Ringleitung 6. Die zwei Leitungen 9, die einen Signalaustausch zwischen zwei Netzwerkknoten 1, 2 in zwei Richtungen ermöglichen, stellen einen bidirektionalen Signalpfad 10 dar. Der bidirektionale Signalpfad 10 weist zwei Signalwege auf, die in entgegengesetzten Richtungen Signale übertragen. Für jeden Signalweg ist eine Leitung 9 vorgesehen.

In der dargestellten Ausführungsform wird die Funktionalität des ersten, zweiten und dritten Netzwerkknotens 1, 2, 3 durch eine entsprechende erste, zweite und dritte Steuereinheit dargestellt. Die Funktion eines Netzwerkknotens besteht darin, Signale über die Leitungen weiterzuleiten und Signale, die für die Steuereinheit bestimmt sind, die an den Netzwerkknoten angeschlossen ist, auszukoppeln und an die Steuereinheit weiterzuleiten. In entsprechender Weise werden auch Signale der Steuereinheit über den Netzwerkknoten in den Signalpfad eingekoppelt. Zur Datenübertragung wird ein Feldbussystem verwendet. Eine Zuordnung von Daten zu Steuereinheiten erfolgt durch die Vergabe von Adressen. Jedem Nutzsinal wird eine Adresse zugefügt. Damit ist festgelegt, für welche Steuereinheit das Nutzsinal bestimmt ist.

In dem beschriebenen Ausführungsbeispiel weist die erste Steuereinheit des ersten Netzwerkknotens 1 eine Master-Funktionalität auf, die Steuersignale und/oder Zeitrastersignale für den zweiten und dritten Netzwerkknoten und deren zweite und dritte Steuereinheiten vorgibt. Die zweite und dritte Steuereinheit, die die Funktionalitäten des zweiten und dritten Netzwerkknotens 2, 3 realisieren, weisen Slave-Funktionen auf. Die erste Steuereinheit stellt die Master-Steuereinheit und die zweite und die dritte Steuereinheit stellen eine Slave-Steuereinheit innerhalb des ersten Netzwerkes 11 dar.

Die Master-Steuereinheit gibt verbindlich Steuerbefehle und ein Zeitraster für die Slave-Steuereinheiten vor.

Das zweite Netzwerk 12 weist den vierten und den fünften
5 Netzwerkknuten 4, 5 auf. Der vierte und der fünfte Netzwerk-
knuten sind über zwei Leitungen 9 miteinander verbunden. Die
zwei Leitungen 9 stellen einen bidirektionalen Signalpfad 10
dar. Der bidirektionale Signalpfad 10 weist für jede Über-
tragungsrichtung einen Signalweg auf. Für jeden Signalweg
10 wird eine Leitung 9 verwendet.

Die Leitungen 9 des ersten und des zweiten Netzwerkes 11, 12
stehen jeweils mit Umschalteinheiten 8 der Netzwerkknuten 1,
2, 3, 4, 5 in Verbindung. Eine Umschalteinheit 8 eines Netz-
15 werkknutens 1, 2, 3, 4, 5 weist die Funktionalität auf, dass
in Abhängigkeit von der Schaltposition der Umschalteinheit 8
die Umschalteinheit 8 die Leitungen 9 eines Netzwerkknutens 1
bis 5 miteinander verbindet, die Signale in einer Richtung
durch den Netzwerkknuten 1, 2, 3, 4, 5 führen. In Fig. 1 ist
20 beispielsweise die Leitung 9, die Signale vom ersten Netz-
werkknuten 1 zum zweiten Netzwerkknuten 2 am Eingang Rx zu-
führt, über die Umschalteinheit 8 des zweiten Netzwerkknutens
2 mit der Leitung 9 verbunden, die Signale von dem zweiten
Netzwerkknuten 2 über den Ausgang Tx zum dritten Netzwerk-
knuten 3 führt. In entsprechender Weise verbindet die Um-
schalteinheit 8 des zweiten Netzwerkknutens 2 die Leitung 9,
die Signale von dem dritten Netzwerkknuten 3 dem zweiten
Netzwerkknuten 2 zuführt mit der Leitung 9, die Signale von
dem zweiten Netzwerkknuten 2 zu dem ersten Netzwerkknuten 1
30 führt.

In einer zweiten Schaltposition unterbricht die Umschalt-
einheit 8 die Verbindung der Leitungen 9, die Signale in
einer Richtung durch den Netzwerkknuten 1, 2, 3, 4, 5 führen
35 und verbindet die Leitungen 9 eines Signalpfades 10 mitein-
ander, über die Signale zwischen zwei Netzwerkknuten ausge-
tauscht werden.

Beispielsweise verbindet die Umschalteinheit 8 des dritten
Netzwerkknotens 3 die Leitung 9, die von dem zweiten Netz-
werkknoten 2 Signale zum dritten Netzwerkknoten 3 führt mit
der Leitung 9, die Signale von dem dritten Netzwerkknoten 3
zum zweiten Netzwerkknoten 2 führt. Gleichzeitig unterbricht
die Umschalteinheit 8 des dritten Netzwerkknotens 3 die Ver-
bindung zwischen dem dritten Netzwerkknoten 3 und den zwei
Leitungen 9, die den dritten Netzwerkknoten 3 mit dem vierten
Netzwerkknoten 4 verbinden. Auf diese Weise sind das erste
und das zweite Netzwerk 11, 12 in bezug auf die Signalpfade
voneinander getrennt. Die Umschalteinheit 8 des ersten
Netzwerkknotens 1 verbindet ebenfalls die zwei Leitungen 9,
die vom zweiten Netzwerkknoten 2 zum ersten Netzwerkknoten 1
geführt sind.

Das zweite Netzwerk 12 umfasst den vierten und fünften Netz-
werkknoten 4, 5. Die Umschalteinheiten 8 der Netzwerkknoten
4, 5 sind in der Weise geschaltet, dass die Umschalteinheiten
8 eine Verbindung der Leitungen 9 herstellt, die zwischen dem
vierten und dem fünften Netzwerkknoten 4, 5 angeordnet sind.
Gleichzeitig werden der vierte und der fünfte Netzwerkknoten
5 durch die entsprechende Schaltstellung der Umschaltein-
heiten 8 des vierten und des fünften Netzwerkknotens 4, 5 von
den übrigen Leitungen 9 getrennt, die zwischen dem vierten
bzw. dem fünften Netzwerkknoten 5 und weiteren Netzwerkknoten
3 ausgebildet sind.

Die Funktion der Umschalteinheit 8 wird beispielsweise durch
eine Steuereinheit wenigstens teilweise oder vollständig
durch ein Softwareprogramm realisiert. Auf diese Weise ist
durch eine einfache Ausführung eines Softwarebefehls die Um-
schaltposition der Umschalteinheit 8 veränderbar. Ent-
sprechende Befehle können beispielsweise von der Master-
Steuereinheit eines Netzwerkes abgegeben werden.

Je nach Anwendungsfall ist vorzugsweise mindestens die Master-Steuereinheit an einen Datenbus angeschlossen, über den Konfigurationsbefehle von extern zur Konfiguration der Netzwerke 11, 12 zugeführt werden. Da die Schaltposition der Umschalteinheit 8 variabel einstellbar ist, kann die Konfiguration des Kommunikationssystems flexibel eingestellt werden. Dies bietet den Vorteil, dass beispielsweise Defekte in einer Leitung 9 von einem Netzwerk 11, 12 ausgeschlossen werden. Beispielsweise könnte eine der Leitungen 9, die zwischen dem dritten und dem vierten Netzwerkknoten 3, 4 ausgebildet ist, defekt sein. Dieser Defekt hat keinen Einfluss auf die Funktionsfähigkeit des ersten und des zweiten Netzwerkes 11, 12, da das erste und das zweite Netzwerk 11, 12 nicht über die zwei Leitungen 9, die zwischen dem dritten und dem vierten Netzwerkknoten 3, 4 ausgebildet sind, miteinander verbunden sind. Das erste und das zweite Netzwerk 11, 12 weisen jeweils für sich einen eigenen, ringförmig geschlossenen Signalweg auf. Im zweiten Netzwerk 12 bildet die Steuereinheit des vierten Netzwerkknotens 4 die Master-Steuereinheit und die Steuereinheit des fünften Netzwerkknotens 5 die Slave-Steuereinheit.

Ein weiterer Vorteil der flexiblen Ausbildung der unterschiedlichen Größe der Netzwerke 11, 12 besteht darin, dass die Netzwerkknoten 1 bis 5 in unterschiedlicher Aufteilung zu verschiedenen Netzwerken zusammenschaltbar sind.

In einer einfachen Ausführungsform könnten alle fünf Netzwerkknoten 1, 2, 3, 4, 5 ein einziges Netzwerk bilden. Dazu ist nur eine entsprechende Umschaltung der Umschalteinheit 8 des dritten und des vierten Netzwerkknotens 3, 4 durchzuführen. Die Anzahl der Netzwerke und der Netzwerkknoten ist nicht auf die Anzahlen des Ausführungsbeispiels beschränkt, sondern können abhängig vom Anwendungsfall gewählt werden.

- Bei einer Zusammenschaltung des ersten und des zweiten Netzwerkes 11, 12 zu einem gemeinsamen Netzwerk wird die Steuereinheit des ersten Netzwerkknottes 1 oder die Steuereinheit des vierten Netzwerkknottes 4 die Master-Funktion übernehmen und die andere Steuereinheit in eine Slave-Funktion geschaltet. Abhängig vom Anwendungsfall kann es auch vorteilhaft sein, keine Master- und Slave-Steuereinheiten vorzusehen, sondern gleichberechtigte Steuereinheiten zu verwenden.
- 10 Fig. 2 zeigt eine weitere Konfiguration des Kommunikationssystems, bei dem das erste Netzwerk 11 den ersten und den zweiten Netzwerkknotten 1, 2 und das zweite Netzwerk 12 den dritten, vierten und fünften Netzwerkknotten 3, 4, 5 umfasst. Die neue Konfiguration ausgehend von der Fig. 1 wird durch
- 15 eine entsprechende Umschaltung der Umschalteinheiten 8 des zweiten, dritten und vierten Netzwerkknottes 2, 3, 4 erreicht. Vorzugsweise wird die Umschaltung durch eine entsprechende Änderung durch die Software ausgeführt.
- 20 Eine Anwendung des erfindungsgemäßen Kommunikationssystems ist bei Maschinenanordnungen von Vorteil, bei denen Untereinheiten eines Gesamtsystems jeweils mehrere Steuereinheiten aufweisen, die innerhalb der Untereinheit zeitsynchron auf eine Leitachse synchronisiert werden müssen. Eine Leitachse stellt eine Zeitachse dar, nach der die Funktionen der Steuereinheiten der Untereinheit synchronisiert werden. Die Steuereinheiten einer Untereinheit können wiederum eigene, abhängige Folgeachsen, d.h. abhängige Zeitachsen aufweisen.
- 30 Fig. 3 zeigt eine Anwendung des erfindungsgemäßen Kommunikationssystems, bei dem ein erster, ein zweiter und ein dritter Netzwerkknotten 1, 2, 3 in Form eines ersten Netzwerkes 11 über eine erste Ringleitung 6 miteinander verbunden sind. Jeder Netzwerkknotten 1, 2, 3 steht wiederum mit einer weiteren Ringleitung 14 in Verbindung. An den weiteren Ringleitungen 14 sind elektrisch steuerbare Antriebe 13 angeschlossen.
- 35

In der dargestellten Ausführungsform der Fig. 3 übernimmt die Steuereinheit des ersten Netzwerkknotens 1 die Master-Funktionalität, die eine Leitachse für den zweiten und den dritten Netzwerkknoten 2, 3 vorgibt. Der erste, der zweite und der dritte Netzwerkknoten wird durch eine erste, zweite bzw. dritte Steuereinheit realisiert.

Die Steuereinheit des ersten Netzwerkknotens 1 übernimmt die Steuerung der Antriebe 13, die zum Steuern eines Druckwerkes einer Druckmaschine vorgesehen sind. Die Steuereinheit des zweiten Netzwerkknotens 2 steuert die an den zweiten Netzwerkknoten 2 angeschlossenen Antriebe 13, die einer Lackiereinheit 16 zugeordnet sind. Die Steuereinheit des dritten Netzwerkknotens 3 steuert die Antriebe 13, die einer Stanzeinheit 17 zugeordnet sind.

Die flexible Konfiguration des erfindungsgemäßen Kommunikationssystems bietet den Vorteil, dass je nach Aufbau eines Verarbeitungskomplexes und dessen Untereinheiten unterschiedlich große Netzwerke gebildet werden können. Beispielsweise können Funktionen, die für die Funktionsweise des Verarbeitungskomplexes von geringerer Bedeutung sind, in einem eigenen Netzwerk gesteuert werden. Funktionen, die besonders kritisch für eine korrekte Funktionsweise des Verarbeitungskomplexes sind, werden ebenfalls in einem eigenen Netzwerk betreut. Zudem ergibt sich die Möglichkeit, dass beispielsweise in der Ausführungsform der Fig. 3 bei einem Ausfall der Stanzeinheit 17 der Signalpfad 10 zwischen dem zweiten und dem dritten Netzwerkknoten unterbrochen wird und trotzdem noch ein Drucken und ein Lackieren eines Bedruckstoffes möglich ist. Somit führt der Ausfall der Stanzeinheit 17 nicht zu einem kompletten Ausfall des Verarbeitungskomplexes des Kommunikationssystems. Ein Ausfall der Stanzeinheit 17 wird beispielsweise durch die Master-Steuereinheit des ersten Netzwerkknotens 1 erkannt, die eine entsprechende Überprüfung der Slave-Steuereinheiten des zweiten und des dritten Netzwerkknotens 2, 3 durchführt.

Das erste Netzwerk 11 der Fig. 3 steht entsprechend Fig. 1 mit einem zweiten Netzwerk 12 in Verbindung, das nicht dargestellt ist.

- 5 Fig. 4 zeigt eine weitere Anwendung des erfindungsgemäßen Kommunikationssystems bei einer Druckmaschine 18. Die Druckmaschine 18 weist eine erste und eine zweite Druckeinheit 19, 20 auf. Die erste Druckeinheit 19 umfasst acht weitere Druckwerke 21, die jeweils drei Antriebe 13 aufweisen. Die Antriebe 13 der ersten Druckeinheit 19 stehen über eine weitere Ringleitung 14 mit einem ersten Netzwerkknoden 1 in Verbindung. Die zweite Druckeinheit 20 weist fünf weitere Druckwerke 21 auf, die jeweils drei Antriebe 13 aufweisen. Die Antriebe 13 der zweiten Druckeinheit 20 stehen über eine weitere Ringleitung 14 mit dem zweiten Netzwerkknoden 2 in Verbindung. Der erste und der zweite Netzwerkknoden 1, 2 sind über einen bidirektionalen Signalpfad 10 mit zwei Leitungen 9 entsprechend der Ausführungsform der Fig. 2 miteinander verbunden. Die Anordnung der Fig. 4 stellt ein zweites Netzwerk 12 entsprechend Fig. 1 dar.

- Aufgrund des erfindungsgemäßen Kommunikationssystems kann mit einem einzigen Kommunikationssystem die Anordnung der Fig. 3 und die Anordnung der Fig. 4 aufgebaut werden. Dabei ist das Kommunikationssystem in ein erstes Netzwerk 11 und ein zweites Netzwerk 12 unterteilt. In diesem Ausführungsbeispiel weist das erste Netzwerk 11 die Netzwerkknoden der Fig. 3 und das zweite Netzwerk 12 die Netzwerkknoden der Fig. 4 auf. Die Netzwerke der Fig. 3 und der Fig. 4 sind entsprechend der Ausführungsform in der Fig. 1 über Leitungen 9 miteinander verbindbar, wobei jedoch die Signalpfade des ersten und des zweiten Netzwerkes 11, 12 getrennt voneinander betrieben werden.

Das erste und das zweite Netzwerk 11, 12 weisen dabei jeweils eine Master-Steuereinheit auf. Fällt beispielsweise die Master-Steuereinheit des ersten oder des zweiten Netzwerkes 11, 12 aus, und sind die anderen Steuereinheiten des Netzwerkes 11, 12 nicht in der Lage, die Master-Funktion zu übernehmen, so kann eine Zusammenschaltung des ersten und des zweiten Netzwerkes 11, 12 erfolgen. Die noch funktionierende Master-Steuereinheit übernimmt dann die Master-Funktion für das erste und das zweite Netzwerk 11, 12. Somit bietet auch in diesem Anwendungsfall die Ausbildung eines Kommunikationssystems mit mehreren Netzwerken, die flexibel konfigurierbar sind, wesentliche Vorteile.

Fig. 5 zeigt eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Kommunikationssystems. In Fig. 5 ist ein Teil einer Rotationsdruckmaschine mit zwei Falzmaschinen schematisch dargestellt. Fig. 5 zeigt einen Teil einer ersten Ringleitung 6, die mit fünf Netzwerkknotten 1, 2, 3, 4, 5 verbunden ist. Die erste Ringleitung 6 weist zwei parallele Leitungen 9 auf. Ein Netzwerkknotten 1 bis 5 weist in diesem Ausführungsbeispiel eine Schnittstelle 22 und eine Steuereinheit 23 auf. Die Schnittstelle 22 dient zum Datenaustausch zwischen der Ringleitung 6, die zwei Leitungen 9 aufweist, und der Steuereinheit 23. Die Steuereinheit 23 dient zur Steuerung von Antrieben 13. Die Steuereinheit 23 ist über eine Datenverbindung mit der Schnittstelle 22 verbunden. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel übernimmt die Schnittstelle 22 zugleich die Funktion der Umschalteinheit 8. Die Schnittstelle 22 wird von der Steuereinheit 23 gesteuert. Die Funktionalität der Umschalteinheit 8 wird vorzugsweise über Softwareprogramme realisiert. Die Steuereinheit 23 ist mit Antrieben 13 eines ersten Druckturms 24 verbunden. Die Steuereinheit 23 des zweiten Netzwerkknötens 2 ist mit Antrieben 13 einer Falzmaschine 25 verbunden. Die Steuereinheit 23 des dritten Netzwerkknötens 3 ist mit Antrieben 13 eines zweiten Druckturms 26 verbunden.

Die Steuereinheit 23 des vierten Netzwerkknotens 4 ist mit Antrieben 13 eines dritten Druckturms 27 verbunden. Die Steuereinheit 23 des fünften Netzwerkknotens 5 ist mit Antrieben 13 einer zweiten Falzmaschine 28 verbunden. In dem gewählten Ausführungsbeispiel übernimmt die Steuereinheit 23 des zweiten Netzwerkknotens 2 die Master-Funktion für die Vorgabe einer Leitachse A. Der erste, der zweite, der vierte und der fünfte Netzwerkknoten 1, 2, 4, 5 weisen Steuereinheiten 23 auf, die Slave-Funktionen abarbeiten. Dabei folgen der erste, der zweite, der dritte und der vierte Netzwerkknoten 1, 2, 3, 4 der Leitachse A, die durch den zweiten Netzwerkknoten 2 vorgegeben wird. Der fünfte Netzwerkknoten 5 folgt einer zweiten Leitachse B, die jedoch ebenfalls durch die Steuereinheit 23 des zweiten Netzwerkknotens 2 vorgegeben wird. Die Netzwerkknoten sind entsprechend der Ausführungsform der Fig. 1 in Form eines ersten Netzwerkes 11 miteinander über die erste Ringleitung 6 verbunden.

Die Leitungen 9 sind vorzugsweise als Lichtwellenleiter ausgebildet. Die Datenübertragung über die Lichtwellenleiter erfolgt in entsprechender Weise über Lichtsignale, die von den Schnittstellen 22 in entsprechende elektrische Signale umgewandelt und an die Steuereinheiten 23 weitergegeben werden. Die Ausbildung des Datenübertragungskanal erfolgt in Form eines Feldbusses wie z.B. dem CAN-Bus.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Kommunikationssystems besteht darin, dass bisher bestehende Doppelring-Topologien durch eine entsprechende Umschaltung der Rx/Tx-Ein/Ausgänge eines Netzwerkknotens in das neue erfindungsgemäße Kommunikationssystem umkonfiguriert werden können. Damit können auch bereits bestehende Doppelring-Topologien auf einfache Weise in das neue Kommunikationssystem übergeführt werden.

Die weiteren Ringleitungen 14 stellen beispielsweise einen Synax-Steuerungsverbund der Firma Indramat dar. Die Antriebe 13 weisen vorzugsweise eine elektronische Getriebefunktionalität auf, die eine wellenlose Synchronisation der Antriebe 5 13 ermöglicht. Jede Steuereinheit eines Netzwerkknotens berechnet vorzugsweise eine eigene Leitachse, die in Abhängigkeit von der Leitachse der Master-Steuereinheit festgelegt ist, und der die Antriebe 13 folgen, die von der Steuereinheit angesteuert werden. Die Verwendung einer 10 Master-Steuereinheit bietet den Vorteil, dass die Master-Steuereinheit besonders ausfallsicher ausgebildet werden kann und beispielsweise sicher spannungsversorgt wird. Damit wird ein Ausfall der Master-Funktionalität vermieden. Somit wird ein Abschalten des Kommunikationssystems und damit der an- 15 gesteuerten Maschine auch bei einem Defekt in einem der weiteren Steuereinheiten ohne eine Beschädigung der Maschine gewährleistet. Die erste und die zweite Ringleitung 6, 7 stellen vorzugsweise einen geschlossenen optischen Lichtwellenleiter dar.

20 Aufgrund der flexiblen Einteilung der Netzwerke kann beispielsweise eine Steuereinheit, die defekt ist oder abgeschaltet werden muss, aus den übrigen Netzwerken herausgenommen werden. Damit bleiben die übrigen Netzwerke weiterhin funktionsfähig, obwohl eine Steuereinheit abgeschaltet wird. Somit beeinträchtigt das Abschalten einer Steuereinheit nicht die Funktionsfähigkeit der weiteren Steuereinheiten.

Bezugszeichenliste

	1	erster Netzwerkknoten
	2	zweiter Netzwerkknoten
	3	dritter Netzwerkknoten
5	4	vierter Netzwerkknoten
	5	fünfter Netzwerkknoten
	6	erste Ringleitung
	7	zweite Ringleitung
	8	Umschalteinheit
10	9	Leitung
	10	Signalpfad
	11	erstes Netzwerk
	12	zweites Netzwerk
	13	Antrieb
15	14	weitere Ringleitung
	15	Druckwerk
	16	Lackiereinheit
	17	Stanzeinheit
	18	Druckmaschine
20	19	erste Druckeinheit
	20	zweite Druckeinheit
	21	weiteres Druckwerk
	22	Schnittstelle
	23	Steuereinheit
	24	erster Druckturm
	25	Falzmaschine
	26	zweiter Druckturm
	27	dritter Druckturm
	28	zweite Falzmaschine

Patentansprüche

1. Kommunikationssystem mit Netzwerkknoten (1, 2, 3, 4, 5) eines Steuerungs- und/oder Antriebsnetzwerkes (11, 12), wobei zum Betrieb industrieller Maschinen, insbesondere zum Betrieb von Druckmaschinen, Steuer- und/oder Regelsignale über eine geschlossene ringförmige Signalleitung (6, 7) zwischen den Netzwerkknoten ausgetauscht werden, wobei ein Netzwerkknoten (2) Signale über einen bidirektionalen Signalpfad (10) mit mindestens einem weiteren Netzwerkknoten (1, 3) austauscht, wobei wenigstens ein Netzwerkknoten (2) eine Umschalteinheit (8) aufweist, wobei die Umschalteinheit (8) über zwei bidirektionalen Signalpfaden (10) mit zwei weiteren Netzwerkknoten (1, 3) verbindbar ist, wobei die Umschalteinheit (8) in einer ersten Schaltposition die zwei Signalpfade (10) im Sinne einer bidirektionalen Durchleitung der Signale durch den Netzwerkknoten (2) verbindet, wobei die Umschalteinheit (8) in einer zweiten Schaltposition die Verbindung zwischen den zwei Signalpfaden unterbricht und zwei Signalwege (9) wenigstens eines bidirektionalen Signalpfades (10) miteinander verbindet, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das Kommunikationssystem über eine entsprechende Schaltung der Umschalteinheiten (8) der Netzwerkknoten (1, 2, 3, 4, 5) zu verschiedenen Netzwerken (11, 12) konfigurierbar ist und dass die Netzwerke (11, 12) voneinander getrennte Signalleitungen (6, 7) aufweisen.

2. Kommunikationssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Netzwerkknoten (3, 4) zweier Netzwerke (11, 12) jeweils über zwei Leitungen (9) mechanisch miteinander verbunden sind, die zwischen den zwei Netzwerkknoten (3, 4) ausgebildet sind.

3. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Netzwerkknoten (1, 2, 3, 4, 5) mit einer Steuereinheit (23) verbunden ist.

5 4. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Netzwerk (11, 12) eine Steuereinheit mit Master-Funktion und wenigstens eine Steuereinheit mit Slave-Funktion aufweist.

10 5. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Umschalteinheit (8) über eine Softwaresteuerung schaltbar ist.

15 6. Kommunikationssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Netzwerk (11, 12) entsprechend einer Leitachse und den abhängigen Folgeachsen einer Steuerung einer Maschinenanordnung konfiguriert ist, und dass alle Steuereinheiten, die abhängig von der Leitachse und alle Steuereinheiten, die abhängig von Folgeachsen der
20 Leitachse Steueraufgaben ausführen, zu einem Netzwerk (11, 12) zusammengefasst sind.

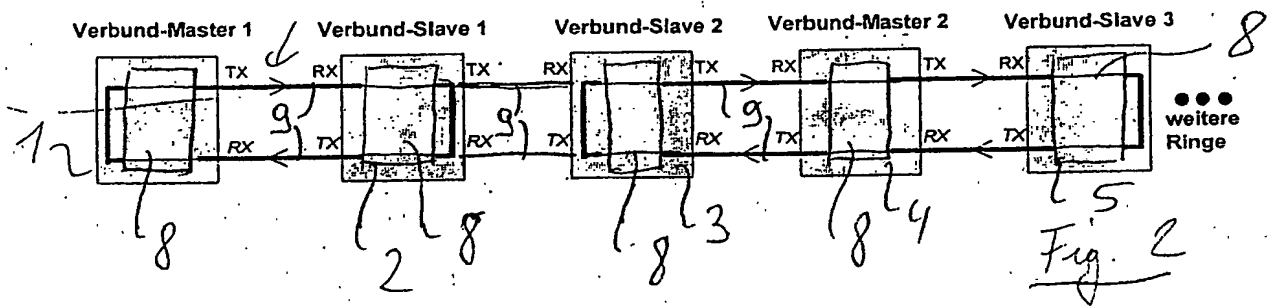
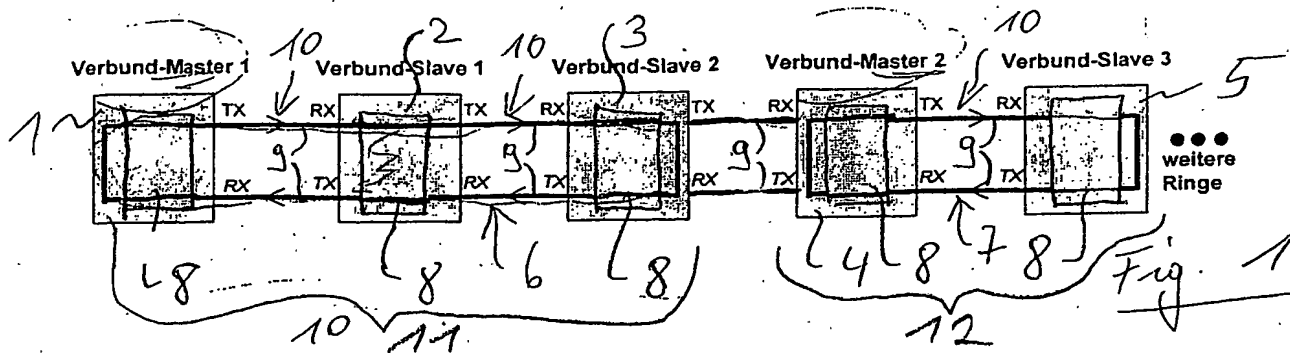
7. Kommunikationssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschinenanordnung eine Druckmaschine (18) mit mehreren Druckwerken (21) darstellt.

8. Kommunikationssystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuereinheit (1) mit einer weiteren Ringleitung (14) verbunden ist,
30 dass die weitere Ringleitung (14) mit Antrieben (13) eines Druckwerkes (21) verbunden ist, und
dass die Steuereinheit (1) die Antriebe (13) zeitsynchron steuert..

9. Kommunikationssystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass Steuereinheiten (1, 2, 3) mehrerer Druckmaschinen (18, 20) an einem Netzwerk (11, 12) angeschlossen sind und von dem Netzwerk mit Steuersignalen versorgt werden,
5 dass eine Steuereinheit eine Master-Funktion für die weiteren Steuereinheiten ausübt, die Slave-Funktionen ausführen.
10. Verfahren zum Steuern eines Kommunikationssystems gemäß Anspruch 1,
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass durch Softwarebefehle eine Änderung der Konfiguration der Netzwerke (11, 12) durchgeführt wird.
- 15 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass bei Auftreten einer Fehlfunktion beim Datenaustausch eine Änderung der Konfiguration der Netzwerke durchgeführt wird, um eine defekte Signalverbindung und/oder einen defekten Netzwerkknoten oder eine Steuereinheit aus einem Netzwerk
20 (11, 12) auszuschließen.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Konfiguration des Netzwerkes abhängig von einer Konfiguration mehrere Maschinen eines Verarbeitungsverbundes, insbesondere einer Druckmaschine (18), durchgeführt wird.
- 30 13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass bei Auftreten einer Fehlfunktion einer Maschine des Produktionsverbundes der Netzwerkknoten, der die defekte Maschine mit Steuersignalen versorgt, aus dem Netzwerk (11, 12) ausgeschlossen wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass ein Netzwerk eine Steuereinheit mit einer Master-Funktion und mindestens eine Steuereinheit mit einer Slave-Funktion aufweist, und

- 5 dass bei einer Änderung der Konfiguration in einem veränderten Netzwerk eine andere Steuereinheit die Master-Funktion übernimmt.



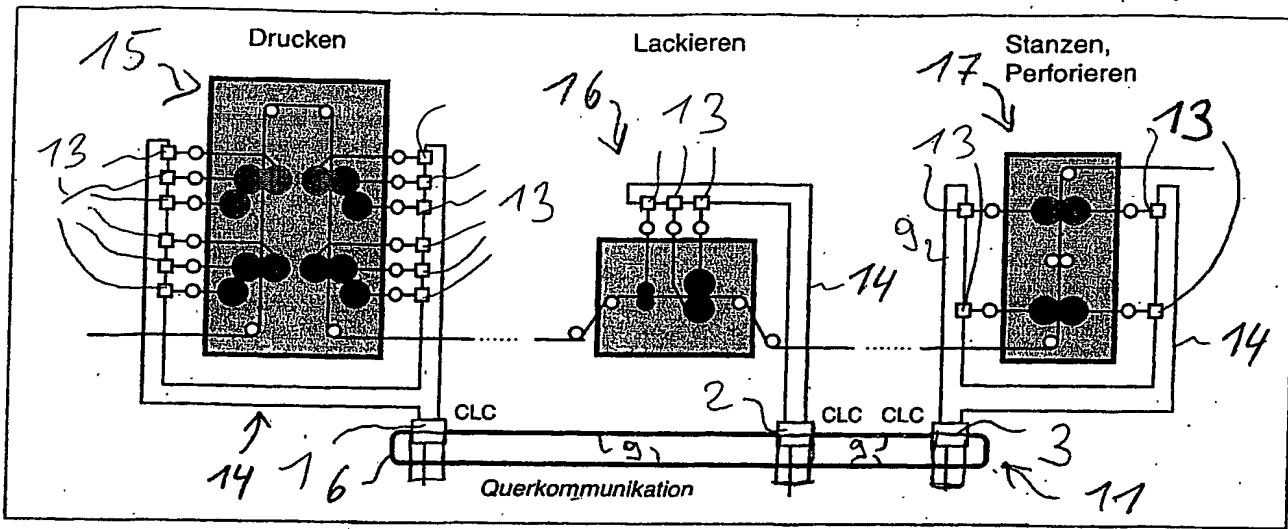


Fig. 3

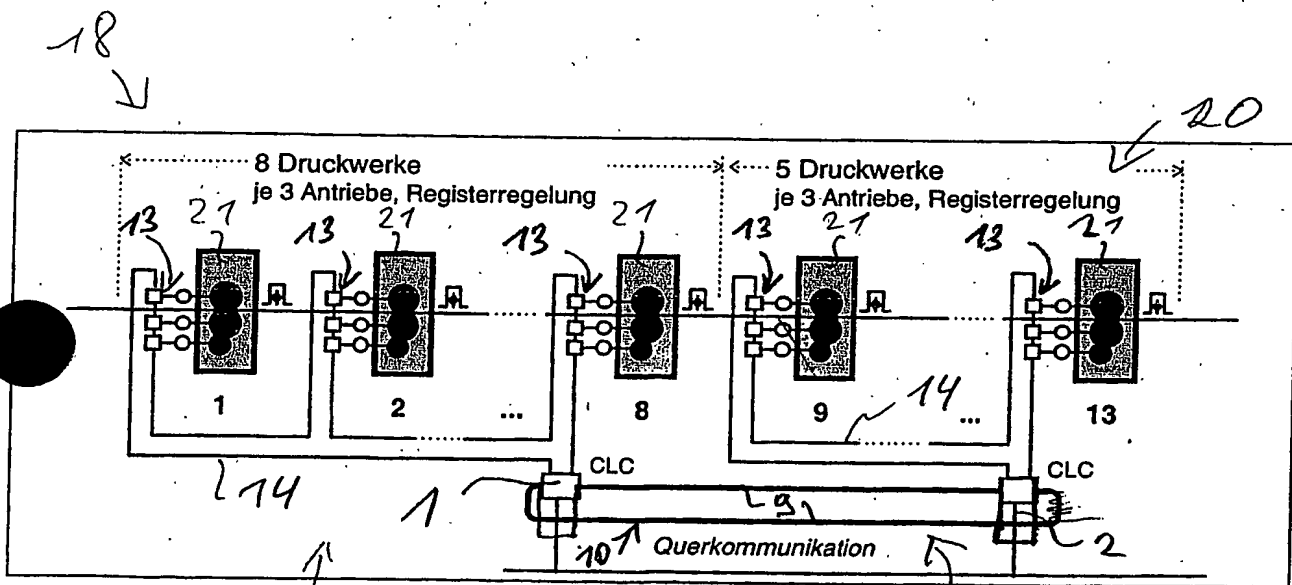
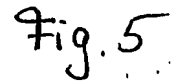


Fig. 4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.